الحركات المستوية

خاص بمسلكي العلوم الفيزيائية والرياضية

I حركة قذيفة في مجال الثقالة :

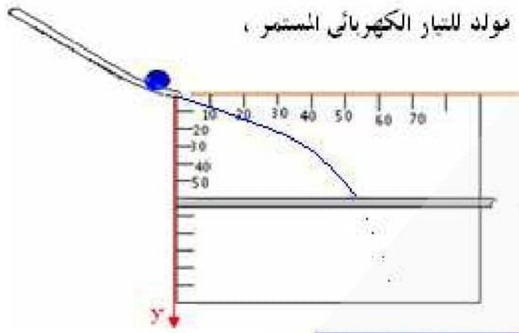
1 – تعريف:

نسمي قذيفة كل جسم يُرسل على مقربة من الأرض بسرعة $\vec{v}_o$.

2– مسار حركة قذيفة في مجال الثقالة:

نستعمل جهاز دراسة حركة قذيفة

لوازمه : ميقت إلكتروني، ورق التسجيل : كرة فولاذية ، مولد للتيار الكهربائي المستمر ،



لوازمه : ميقت إلكتروني، ورق التسجيل : كرة فولاذية ، مولد للتيار الكهربائي المستمر ،
قاطع التيار ، خلية كهرضوئية .

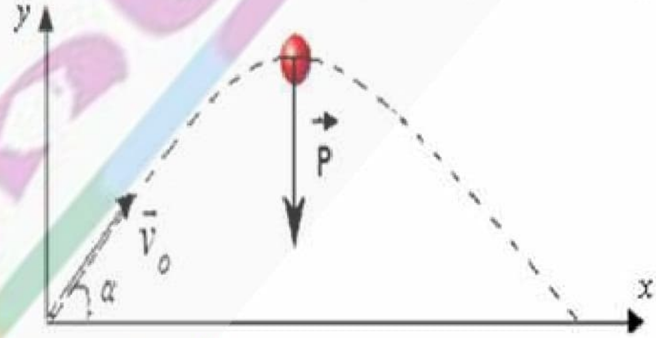
تتدحرج الكرية الفولاذية طول سكة خاصة وتتغادرها بسرعة بدئية أفقية ، فتسقط على صفيحة أفقية حيث يمكن تسجيل موضع سقوطها .

3) دراسة حركة قذيفة في مجال الثقالة:

أ– وصف التجربة:

تنطلق قذيفة كتلته m من نقطة o في اللحظة $t=o$ بسرعة بدئية متجهتها $\vec{v}_o$ تكون مع المحور الأفقي زاوية α

$$\vec{v}_o \begin{vmatrix} v_{ox} = v_o \cos\alpha \\ v_{oy} = v_o \cos\alpha \end{vmatrix}$$



ب)تطبيق القانون الثاني لنيوتن:

* المجموعة المدروسة{ القذيفة} .
* اختيار المعلم المناسب :

نعتبر معلما ممنظما ومتعامدا $(o,\vec{i},\vec{j})$ مرتبطا بالمختبر ، نعتبره غاليليا (لأن مدة حركة القذيفة قصيرة).

* جرد القوى : الكرية تخضع لوزنها $\vec{P}$ فقط. (تأثير الهواء مهمل أمام تأثير وزن الكرية).
* تطبيق القانون الثاني لنيوتن:

$$\Sigma\vec{F}_{ex} = m\vec{a}_G \quad \Leftarrow \quad \vec{P} = m.\vec{a}_G \quad (1)$$

* اسقاط العلاقة المعبرة عن القانون الثاني لنيوتن في المعلم $(o\,,x\,,y)$

– إسقاط العلاقة (1) على المحور ox : $0 = m.a_x \Leftarrow$ $a_x = 0$

– إسقاط العلاقة (1) على المحور oy : $-P = ma_y \Leftarrow -m.g = ma_y \Leftarrow a_y = -g$

ج)المعادلات الزمنية للحركة:

حسب المحور ox : $a_x = 0$ أي: $\dfrac{dv_x}{dt} = 0 \Rightarrow v_x = C^{te}$ ، عند اللحظة $t=0$ لدينا : $v_x = v_o \cos\alpha$

وبما أن : $v_x = \dfrac{dx}{dt} = v_o \cos\alpha$ $\Leftarrow$ $x = (v_o \cos\alpha).t + C^{te}$

ومن خلال الشروط البدئية، عند $t=o$: $x=o$ $\Leftarrow$ $C^{te}=o$ ومنه : $\boxed{x=(v_o\cos\alpha)t}$

وهي المعادلة الزمنية للحركة حسب المحور ox.

حسب المحور oy : $a_y=-g$ $\Leftarrow$ $\dfrac{dv_y}{dt}=-g$ $\Leftarrow$ $v_y=-gt+C^{te}$

ومن خلال الشروط البدئية ، عند اللحظة $t=0$ لدينا : $v_{0y}=v_o\sin\alpha$ $\Leftarrow$ $C^{te}=v_o\sin\alpha$

وبالتالي $v_y=-g.t+v_o\sin\alpha$ وبما أن $v_y=\dfrac{dy}{dt}$ فإن: $\dfrac{dy}{dt}=-gt+v_o\sin\alpha$

$y=-\dfrac{1}{2}gt^2+(v_o.\sin\alpha).t+C^{te}$ ومن خلال الشروط البدئية ، لدينا $y=o$ اللحظة $C^{te}=0\Leftarrow$ عند $t=o$

ونحصل على المعادلة الزمنية لحركة القذيفة (حسب المحور oy) : $\boxed{y=-\frac{1}{2}gt^2+(v_o.\sin\alpha).t}$

وبذلك نحصل على إحداثيتي مركز قصور القذيفة في المعلم (o,x,y) :

$$\overrightarrow{OG}=\begin{cases}x=(v_o\cos\alpha).t\\ y=-\dfrac{1}{2}gt^2+(v_o\sin\alpha)t\end{cases}$$ وإحداثيتي متجهة السرعة: $$\vec{v}_G=\begin{cases}v_x=v_o\cos\alpha\\ v_y=-gt+v_o\sin\alpha\end{cases}$$

حسب المحور ox حركة القذيفة مستقيمية منتظمة. وحسب المحور oy حركتها متغيرة بانتظام.

د) معادلة المسار:

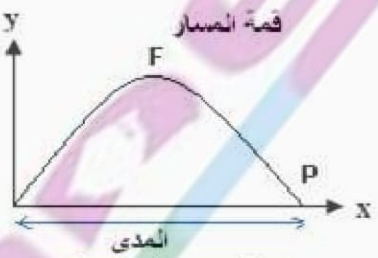
نحصل على معادلة مسار القذيفة بإقصاء المتغيرة t بين x و y .

من خلال x نستخرج : $t=\dfrac{x}{v_o\cos\alpha}$ ثم نعوض في y فنحصل على :

$$y=-\frac{g}{2v_o^2\cos^2\alpha}.x^2+xtg\alpha$$ وهي معادلة جزء من شلجم.

هـ) بعض مميزات المسار:

- قمة المسار هي أعلى نقطة يصل إليها مركز قصور القذيفة.



عند القمة $\mathbf{F}$ تكون مركبة السرعة حسب المحور الرأسي y منعدمة ، $v_y=0$ أي : $-g.t+v_o\sin\alpha=0$ ومنه :

مدة سقوط القذيفة: $t=\dfrac{v_o\sin\alpha}{g}$ وهكذا نحصل على إحداثيتي النقطة F : $x_F=\dfrac{v_o^2\sin2\alpha}{2g}$ و $y_F=\dfrac{v_o^2.\sin^2\alpha}{2g}$

- المدى :

المدى هو المسافة بين نقطة انطلاق القذيفة ونقطة سقوطها على المستوى الأفقي أي المسافة OP

-إحداثيتي نقطة سقوط القذيفة

عند النقطة P : $y_P=0$ $\Leftarrow$ $-\dfrac{g}{2v_o^2\cos^2\alpha}.x^2+xtg\alpha=0$ $\Leftarrow$ $x_P=0$ وهو موضع انطلاق القذيفة

$x_P=\dfrac{v_o^2.\sin2\alpha}{g}$ وهي قيمة المدى.

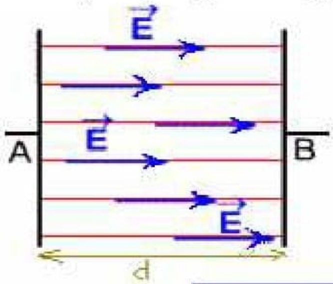
<u>ملحوظة:</u> $-1\le\sin2\alpha\le+1$

أكبر مدى يوافق: $\sin 2\alpha = 1$ $\Leftarrow$ $2\alpha = \frac{\pi}{2}$ $\Leftarrow$ $\alpha = \frac{\pi}{4}$

II حركة دقيقة مشحونة في مجال كهرساكن منتظم :

1-المجال الكهرساكن المنتظم :

بين صفيحتين فلزيتين مستويتين ومتوازيتين ، تخضعان لتوتر $U_{AB} = V_A - V_B$ يوجد مجال كهرساكن منتظم.



خطوط المجال متوازية فيما بينها وعمودية على مستوى الصفيحتين.

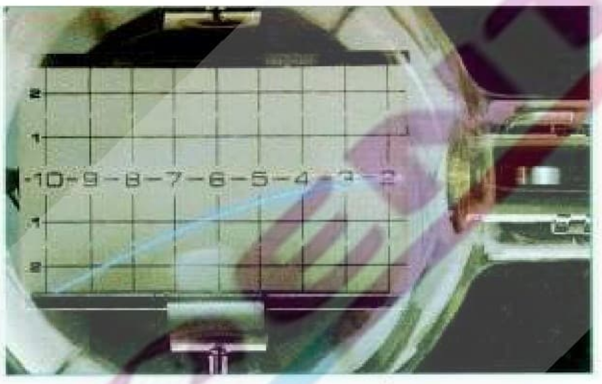
متجهة المجال $\vec{E}$ لها نفس منحى الجهود التناقصية.

$V_A > V_B$ $\Leftarrow$ المتجهة $\vec{E}$ موجهة من الصفيحة A نحو الصفيحة B

2-انحراف دقيقة في مجال كهرساكن منتظم :

2-1- تجربة:

نستعمل أنبوبا مفرغا يحتوي على مدفع للإلكترونات ، الشيء الذي يمكن من الحصول على حزمة من الإلكترونات متساوية السرعة ، وبداخله يوجد مجال كهرساكن منتظم.



تدخل الإلكترونات إلى المجال الكهرساكن بسرعة $\vec{v}_0$ عمودية على $\vec{E}$. تبين التجربة أن مسار الحزمة الإلكترونية شلجمي.

2-2) دراسة الحركة :

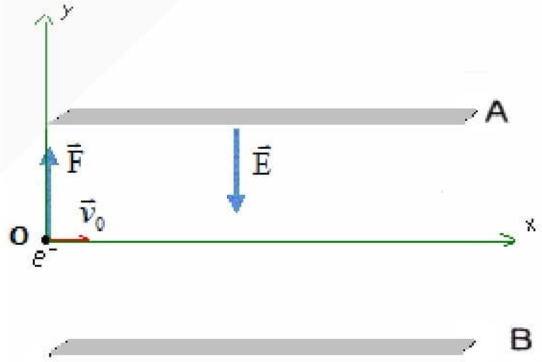
نعتبر إلكترونا واحدا من الحزمة.

- المجموعة المدروسة {الإلكترون}

- جرد القوى وتمثيلها على الشكل يخضع الإلكترون في المجال الكهرساكن للقوى التالي

$\vec{P}$: وزنه ، وهو مهمل أمام القوة الكهرساكنة (لأن كتلته $m = 9{,}11.10^{-31}kg$ جد صغيرة).

$\vec{F}$: القوة الكهرساكنة. $\vec{F} = q\vec{E}$ لها عكس منحى $\vec{E}$ لأن $q = -e < 0$.



- اختيار المعلم : بما أن حركة الإلكترون مستوية ، نعتبر معلما متعامدا وممنظما (o,x,y) منطبقا مع مستوى الحركة نعتبره غاليليا، (انظر الشكل). أصله O منطبق مع نقطة دخول الإلكترون إلى المجال الكهرساكن .

- تطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\Sigma\vec{F}_{ex} = m\vec{a}_G$ $\Leftarrow$ $\vec{F} = m.\vec{a}_G$ لأن وزن الإلكترون مهمل أمام F .

أي : $q.\vec{E} = m.\vec{a}_G$ (a)

2-3)المعادلات الزمنية للحركة:

- إسقاط العلاقة (a) على المحور ox:

$0 = m.a_x \Leftarrow a_x = 0$ إذن حركة الإلكترون حسب المحور ox مستقيمية منتظمة تتم بسرعة ثابتة $v_x = v_o$

معادلتها الزمنية $x = v_o.t$ لأنه من خلال الشروط البدئية $x_o = 0$

- إسقاط العلاقة (a) على المحور oy:

$-q.E = m.a_y \Leftarrow a_y = \frac{-q.E}{m} = \frac{e.E}{m} > 0$ حسب oy الحركة مستقيمية متغيرة بانتظام متسارعة.

معادلتها الزمنية: $y = \frac{1}{2}a_y.t^2 + v_{oy}.t + y_o$ مع : $y_o = 0$ و: $v_{oy} = 0$ (انظر الشروط البدئية).

وبذلك تكتب المعادلة الزمنية للحركة حسب oy كما يلي: $y = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}.t^2$

ودالة السرعة حسب oy هي: $v_y = a_y.t + v_{oy}$ أي : $v_y = \frac{e.E}{m}.t$

4-2) معادلة المسار :

بإقصاء المتغيرة t بين x و y نحصل على معادلة المسار :

من خلال: $x = v_o.t$ نستخرج: $t = \frac{x}{v_o}$

ثم نعوض في $y = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}.t^2$ فنحصل على معادلة المسار : $y = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}.\frac{x^2}{{v_o}^2}$ وهي معادلة شلجم. $0 \le x \le \ell$

5-2) إحداثيات نقطة خروج الإلكترون من المجال الكهرساكن :

S : هي نقطة خروج الدقيقة من المجال الكهرساكن .

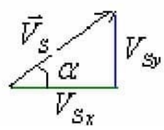
لدينا : $x_S = \ell$ وبالتعويض في y نحصل على : $y_S = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}.\frac{\ell^2}{{v_o}^2}$.

لكي لا يصطدم الإلكترون مع الصفيحة ، يجب أن تكون : $y_S < \frac{d}{2}$

6-2) سرعة الإلكترون عند خروجه من المجال الكهرساكن :

المدة الزمنية التي يستغرقها الإلكترون للوصول على النقطة S هي : $t = \frac{\ell}{v_o}$

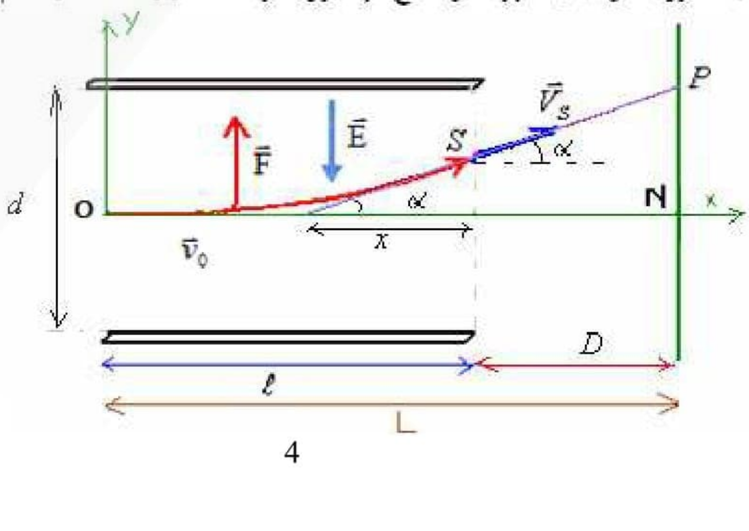
$$\vec{V}_S \begin{cases} V_{Sx} = v_o \\ V_{Sy} = \frac{eE}{m}.\frac{\ell}{v_o} \end{cases} \qquad \vec{V}_S = \vec{V}_{Sx} + \vec{V}_{Sy}$$



الانحراف الزاوي هو الزاوية α بحيث : $tg\alpha = \frac{V_{Sy}}{V_{Sx}} = \frac{eE.\ell}{m.{v_o}^2}$

7-2) الانحراف الكهرساكن:

بعد خروجه من المجال الكهرساكن تصبح للإلكترون حركة مستقيمية منتظمة فيصطدم بالشاشة في النقطة : P .



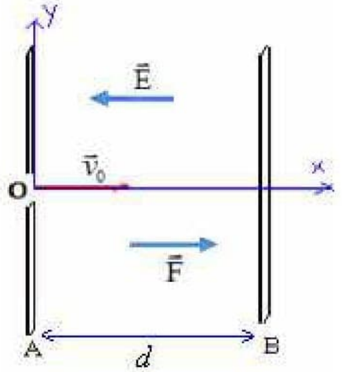
عموما تكون $L >> \ell$ ⇐ $De = \frac{eE.\ell.L}{m.v_o^2}$ مع : $E = \frac{U}{d}$ ⇐ $De = \frac{e.\ell.L.U}{m.d.v_o^2} = k.U$

والتي تكتب على الشكل : $De = k.U$ بحيث : $k = \frac{e.\ell.L.}{m.d.v_o^2}$:

يتناسب الانحراف المغناطيسي اطرادا مع التوتر المطبق بين الصفيحتين.

3) تسريع دقيقة في مجال كهرساكن منتظم

نعتبر الحالة التي تدخل فيها حزمة الإلكترونات بسرعة $\vec{v}_o$ موازية لمتجهة المجال $\vec{E}$ بين الصفيحتين .



$V_B > V_A$ ⇐ $\vec{E}$ موجهة من الصفيحة B نحو الصفيحة A . (لها نفس منحى الجهود التناقصية).

نعتبر إلكترونا واحدا من الحزمة.

- المجموعة المدروسة {إلكترون} .
- جرد القوى وتمثيلها على الشكل: يخضع الإلكترون في المجال الكهرساكن للقوى التالي:

$\vec{P}$: وزنه ، وهو مهمل أمام القوة الكهرساكنة (لأن كتلته $m = 9,11.10^{-31}kg$ جد صغيرة)

$\vec{F}$: القوة الكهرساكنة . $\vec{F} = q\vec{E}$ لها عكس منحى $\vec{E}$ لأن $q = -e < 0$.

- اختيار المعلم: نعتبر معلما متعامدا وممنظما (o,x,y) منطبقا مع مستوى الحركة نعتبره غاليليا، (انظر الشكل). أصله O منطبق مع نقطة دخول الإلكترون إلى المجال الكهرساكن .
- تطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\Sigma\vec{F}_{ex} = m\vec{a}_G$ ⇐ $\vec{F} = m.\vec{a}_G$ لأن وزن الإلكترون مهمل أمام F .

أي : $q.\vec{E} = m.\vec{a}_G$ (b)

- إسقاط العلاقة (b) على المحور ox:

$-q.E = m.a_x$ ⇐ $a_x = -\frac{qE}{m} = \frac{e.E}{m}$ حركة الإلكترون حسب ox مستقيمية متغيرة بانتظام متسارعة.

دالة السرعة : $v_x = a_x t + v_{ox}$ مع: $v_{ox} = v_o$ أي: $v_x = \frac{e.E}{m}t + v_o$

والمعادلة الزمنية حسب ox هي: $x = \frac{1}{2}a_x.t^2 + v_{ox}.t + x_o$ من خلال الشروط البدئية : $v_{ox} = v_o$ و $x_o = 0$.

إذن : $x = \frac{1}{2}\frac{e.E}{m}.t^2 + v_o.t$

- إسقاط العلاقة (b) على المحور oy:

$0 = m.a_y$ ⇐ $a_y = 0$ ولدينا من خلال الشروط البدئية : $v_y = 0$ ⇐ $y = 0$

ملحوظة: يستعمل المجال الكهرساكن لتسريع الدقائق المشحونة.

إذا اعتبرنا الحالة التي تدخل فيها الإلكترونات من النقطة O بسرعة منعدمة ، يمكن أن نبين بأنها تصل إلى الصفيحة B بسرعة كبيرة.

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الإلكترون بين الصفيحتين A و B .

$$\Delta E_{A-->B} = W\vec{F}$$

أي : $Ec_B - Ec_A = qU_{AB}$ ولدينا : $Ec_A = 0$ $\Leftarrow$ $Ec_B = -eU_{AB}$

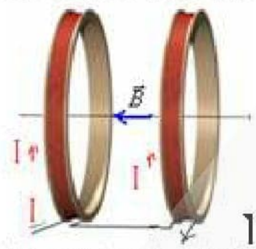
أي : $\frac{1}{2}m.v_B^{\;2} = -eU_{AB}$ التوتر $U_{AB} < 0$ $\Leftarrow$ $\frac{1}{2}m.v_B^{\;2} = eU_{BA}$

$\frac{U_{BA}}{d} = E$ $\Leftarrow$ $\frac{1}{2}m.v_B^{\;2} = e\frac{E}{d}$ ومنه : $v_B = \sqrt{\frac{2.e.dE}{m}}$

III حركة دقيقة مشحونة في مجال مغنطيسي منتظم :

1) المجال المغنطيسي المنتظم :

يتميز المجال المغنطيسي المنتظم بكون متجهة المجال $\vec{B}$ لها نفس الشدة ونفس الإتجاه ونفس المنحى في جميع نقط المجال .
مثال : بين وشيعتي هيلمولتز ، عندما يعبرهما التيار الكهربائي في نفس المنحى يوجد مجال مغنطيسي منتظم.



وحدة شدة المجال المغنطيسي في النظام العالمي للوحدات هي التيسلا Tesla التي يرمز إليها ب: (T).

ملحوظة : في الشكل إذا كانت $\vec{B}$ عمودية على مستوى الورقة وموجهة نحو الأمام نرمز إلها ب : $\odot\vec{B}$

و إذا كانت $\vec{B}$ عمودية على مستوى الورقة وموجهة نحو الخلف نرمز إلها ب : $\otimes\vec{B}$

2-دراسة حركة دقيقة مشحونة في مجال مغنطيسي منتظم

2-1) تجربة وملاحظات :

تتكون العدة التجريبية من مدفع للإلكترونات يبعث حزمة من الإلكترونات متساوية السرعة $\vec{v}_o$ في أنبوب مفرغ موجود في مجال مغنطيسي داخل وشيعتي هيلمولتز.

تبين التجربة أنه إذا كانت : -$\vec{v}_o$موازية ل: $\vec{B}$ ، الحزمة الإلكترونية لا تنحرف.

- $\vec{v}_o$عمودية على: $\vec{B}$ الحزمة الإلكترونية تنحرف ويصبح لها مسار دائري يوجد في المستوى العمودي على ا لمتجهة $\vec{B}$.

2-2)تعليل :

انحراف الحزمة الإلكترونية ناتج عن وجود قوة تطبق على كل دقيقة مشحونة ومتحركة في مجال مغنطيسي منتظم تسمى بالقوة المغنطيسية (أو قوة لورينتز).

2-3) القوة المغنطيسية (قوة لورينتز)

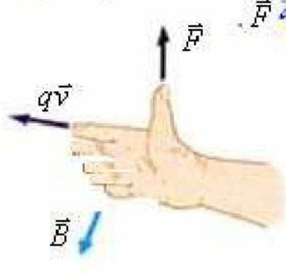
كل دقيقة ذات شحنة q وسرعة $\vec{v}$ ، تخضع داخل مجال مغنطيسي منتظم لقوة مغنطيسية تسمى قوة لورينتز تحددها العلاقة التالية : $\vec{F} = q\vec{v}\wedge\vec{B}$ العلامة : $\wedge$: تمثل الجداء المتجهي.

مميزات القوة المغناطيسية $\vec{F}$: الإتجاه : $\vec{F}$ عمودية على المستوى $(\vec{B},\vec{v})$.

المنحى : تعطيه قاعدة اليد اليمنى التالية:

اليد اليمنى مبسوطة ، راحة اليد موجهة في منحى المتجهة $\vec{B}$ ورؤوس الأصابع في منحى الجداء $q\vec{v}$ ،الإبهام ممدود يشير إلى منحى القوة المغناطيسية $\vec{F}$.

$$\vec{F} = q\,\vec{v}\wedge\vec{B}$$



ملحوظة : إذا كانت $q>0$ يكون للجداء $q.\vec v$ نفس منحى المتجهة $\vec v$.
و إذا كانت $q<0$ يكون للجداء $q.\vec v$ عكس منحى المتجهة $\vec v$.

أمثلة : أتمم الأشكال التالية.

الشكل	$\vec B \odot$ ، $\vec v \uparrow$ ، $q>0$	$\vec B \odot$ ، $\vec v \uparrow$ ، $q<0$	$\vec B \odot$ ، $\vec v \rightarrow$ ، $q<0$	$\vec B \odot$ ، $\vec F \uparrow$ ، $q<0$	$\vec F \uparrow$ ، $\vec v \rightarrow$ ، $q<0$
الإجابة	$\vec F \rightarrow$	$\vec F \leftarrow$	$\vec F \uparrow$	$\vec v \rightarrow$	$\vec B \odot$

الشدة : $F = |q|.v.B.\sin(\vec B,\vec v)$ ب : (N)

2-4 – الدراسة النظرية للحركة:

أ- الحركة منتظمة :

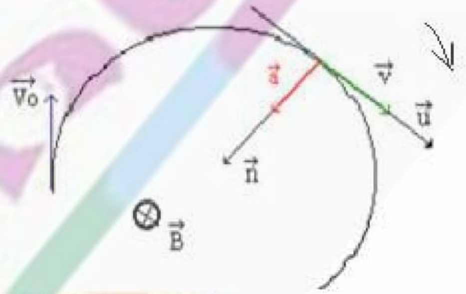
تخضع الدقيقة المشحونة في مجال مغنطيسي إلى قوة لورينتز $\vec F = q\vec v \wedge \vec B$ التي تبقى دائما عمودية على متجهة السرعة $\vec v$
أي الجداء السلمي $\vec F.\vec v = 0$ وبذلك تكون القدرة المغنطيسية لقوة لورينتز منعدمة : $P = \vec F.\vec v = 0$.
وشغلها : $W_{\vec F} = P.\Delta t = 0$

ومن خلال مبرهنة الطاقة الحركية $W\vec F = \Delta E_c = 0$ $\Leftarrow$ $Ec_f = Ec_i$ الطاقة الحركية للدقيقة تبقى ثابتة. $\Leftarrow$ $v = C^{te}$
إذن : المجال المغنطيسي لا يغير الطاقة الحركية للدقيقة وبالتالي تكون حركتها منتظمة .

ب- الحركة مستوية

السرعة ثابتة $\Leftarrow$ $a_t = \dfrac{dv}{dt} = 0$ $\Leftarrow$ التسارع منظمي ولدينا : $\vec F = q\vec v \wedge \vec B$

$\vec F$ عمودية على المستوى الذي يضم $(\vec B,\vec v)$ $\Leftarrow$ $\vec F$ منظمية . وبالتالي الحركة مستوية تتم في المستوى العمودي على المتجهة $\vec B$.



ج- الحركة دائرية:

في معلم فريني متجهة التسارع: $\vec a = a_t.\vec u + a_n.\vec n$

$v = C^{te}$ $\Leftarrow$ $a_t = \dfrac{dv}{dt} = 0$ الحركة منتظمة .

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\vec F = m.\vec a_G$ مع $\vec F = q\,\vec v \wedge \vec B$ $\Leftarrow$ (2) $\boxed{q\,\vec v \wedge \vec B = m.\vec a_G}$

إذن : $\vec a_G$ عمودية على $\vec v$ و $a_t = 0$ $\Leftarrow$ التسارع منظمي $a = a_n$.

في معلم فريني $\vec a_G$ لها مركبتين :
$$\vec a \begin{cases} a_t = \dfrac{dv}{dt} = 0 \\ a_n = \dfrac{v^2}{R} \end{cases}$$

بإسقاط العلاقة (2) على المنظمي نحصل على :

$|q|.v.B = m\dfrac{v^2}{R}$ $\Leftarrow$ $\boxed{R = \dfrac{m.v}{|q|.B}}$ الشعاع ثابت إذن المسار دائري.

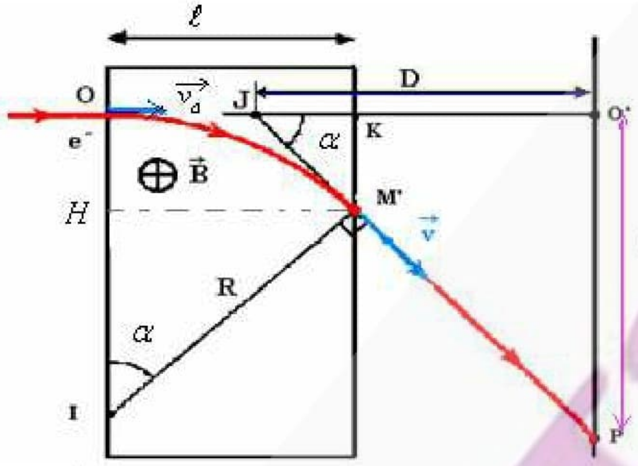
2-5 – الانحراف المغنطيسي:

تدخل حزمة من الإلكترونات إلى حيز من الفضاء عرضه ℓ من مجال مغنطيسي متجهته $\vec{B}$ بسرعة $\vec{v}_o$ عمودية على $\vec{B}$.

فتخضع لتأثير القوة المغنطيسية وتصبح لها حركة دائرية شعاعها $R = \dfrac{m.v_o}{|q|.B}$.

تغادر الدقائق المجال المغنطيسي في نقطة S لأن الوزن مهمل) وتأخذ حركة مستقيمية منتظمة فتصطدم بالشاشة في النقطة P .
في غياب المجال المغنطيسي تصطدم بالشاشة في النقطة O' .

نسمي الانحراف المغنطيسي المقدار $D_m = O'P$



ونحصل عليه بتطبيق العلاقة $tg\alpha = \dfrac{D_m}{D}$ ، في المثلث القائم الزاوية $JO'P$ والعلاقة $\sin\alpha = \dfrac{\ell}{R}$ في المثلث $HM'I$.

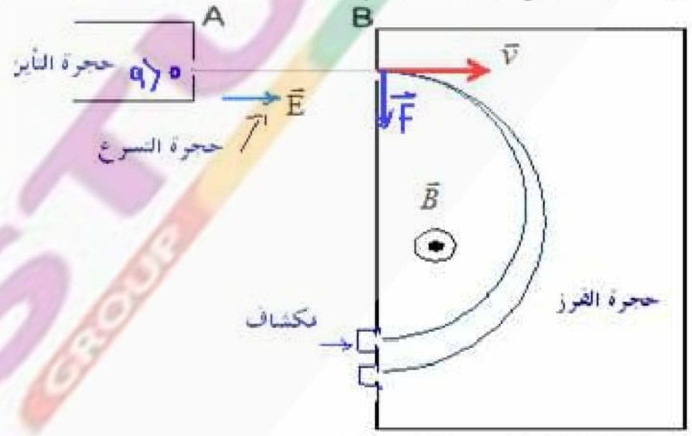
بالنسبة للأجهزة المستعملة تكون الزاوية α صغيرة ، وبذلك تكون $tg\alpha \approx \sin\alpha$ أي: $\dfrac{D_m}{D} = \dfrac{\ell}{R}$ مع : $R = \dfrac{m.v_o}{|q|.B}$

ومنه : $D_m = \dfrac{D.\ell.|q|B}{m.v_o}$

IV تطبيقات :

1- راسم الطيف للكتلة :

يُستعمل راسم الطيف للكتلة لفرز نظائر العناصر الكيميائية (أو أيونات ذات كتل مختلفة) باستعمال مجال كهرساكن ومجال مغنطيسي.
يتكون راسم الطيف للكتلة من :
- حجرة التأين : تنطلق منها الأيونات بسرعة منعدمة .
- حجرة التسريع :يتم فيها تسريع الأيونات بواسطة مجال كهرساكن منتظم وتغادرها بسرعة $\vec{v}$.
- حجرة الفرز : تخضع فيها الأيونات إلى مجال مغنطيسي متجهته $\vec{B} \perp \vec{v}$ وترسم الدقائق نصف دائرة .



يتم تسريع الأيونات بواسطة التوتر U_{AB} المطبق في حجرة التسريع:
بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الدقيقة :

$$\Delta Ec_{A\to B} = W\vec{F}_{A\to B}$$

$$v = \sqrt{\frac{2qU_{AB}}{m}} \quad \Leftarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 - 0 = qU_{AB}$$

بما أن الايونات لها كتل مختلفة فإنها تدخل حجرة الفرز بسرعات مختلفة.

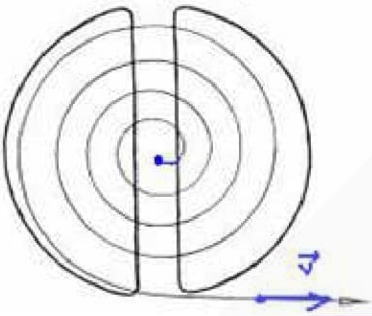
عندما يدخل الأيون إلى حجرة الفرز بسرعة $\vec{v} \perp \vec{B}$ تصبح له حركة دائرية وينحرف وفق مسار دائري شعاعه $R = \frac{m.v}{|q|.B}$

كل دقيقة ترسم نصف دائرة قطرها : $D = 2R = 2\frac{m.v}{|q|.B}$.

بما أن القطر يتعلق بالكتلة ، كل نظير يصبح له مسار معين الشيء الذي يُمكن من فرز النظائر .

2- السيكلوترون

السيكلوترون جهاز مسرع للدقائق يتكون من علبتين على شكل نصف أسطوانة موضوعتين في مجال مغنطيسي منتظم وبين العلبتين يوجد مجال كهرساكن منتظم ومُتناوب (دوره يساوي نصف مدة دوران الدقيقة طول مسارها)وبذلك يتم تسريع الدقيقة كلما دخلت المجال الكهرساكن . وفي النهاية تغادر الدقيقة السيكلوترون بسرعة كبيرة جدا .



V الأقمار الاصطناعية والكواكب:

1- قوانين كيبلير:

القانون الأول : قانون المسارات الإهليجية .

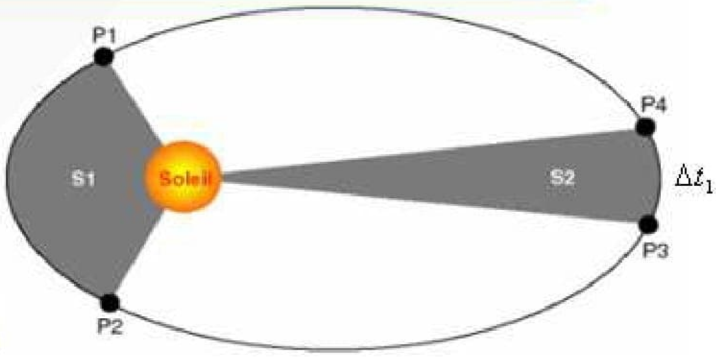
في المجموعة الشمسية ، كل كوكب سيار ، مساره عبارة عن إهليج تحتل الشمس إحدى بؤرتيه.

القانون الثاني: قانون المساحات.

تكسح القطعة $[S,P]$ التي تصل الكوكب بالشمس مساحة تتناسب اطرادا مع مدة الكسح.

S : الشمس Soleil .

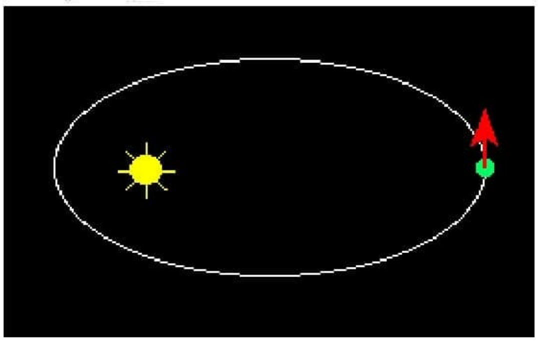
P : الكوكب Planète .



القطعة $[Soleil , Planète]$

تكسح نفس المساحة خلال نفس المدة الزمنية .

$s_1 = s_2$ $\Delta t_1 = \Delta t_2$



تختلف سرعة الكوكب في دورانه حول الشمس تبعاً لبعده عنها ، فإذا كان قريباً ، فإنه يدور بسرعة أكبر ، وكلما ازداد بُعده كلما قلت سرعته في الدوران ، حيث تتساوى المساحة المكسوحة خلال نفس المدة الزمنية .

يترجم هذا القانون ملاحظة لكبلير مفادها :

أن الكوكب السيار يدور حول الشمس بسرعة غير ثابتة وتزداد سرعته عندما يقترب في مداره الإهليجي من الشمس.

القانون الثالث: قانون الأدوار.

يتناسب مربع الدور المداري لكوكب إطرادا مع مكعب نصف طول المحور الكبير (للإهليج الموافق لمسارالكوكب) $\frac{T^2}{a^3} = k$.

T : الدور المداري للكوكب ب (s) .

a : نصف طول المحور الكبير للإهليج ب : (m) .

k : ثابتة لا تتعلق بالكوكب ب : (s^2 / m^3) في النظام العالمي للوحدات .

ملحوظة :بالنسبة للكوكب الذي يمكن اعتبار مداره دائريا شعاعه r ، يطبق قانون كيبلير باعتبار بؤرتي الإهليج متطابقتين مع مركز الدائرة . وفي هذه الحالة قانون الأدوار يكتب كما يلي : $\frac{T^2}{r^3} = k$.

2- دراسة الحركة المدارية للكواكب :

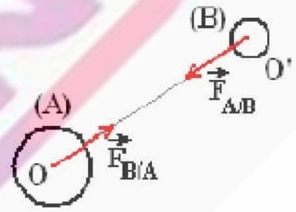
1-2 قانون التجاذب الكوني لنيوتن:

تتجاذب الأجسام بسبب كتلتها ، ويعبر عن قوتي التجاذب الكوني بين جسمين نقطيين A و B كتلتاهما على التوالي m_A و m_B وتفصل بينهما المسافة AB بالعلاقة التالية : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = -G\frac{m_A.m_B}{AB^2}\vec{u}_{AB}$

$\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$ لهمانفس الشدة:

$$F_{A/B} = F_{B/A} = F = G.\frac{m_A.m_B}{d^2}$$

$G=6,67\times10^{-11} N.m^2.Kg^{-2}$: ثابتة التجاذب الكوني.



2-2- دراسة الحركة:

أ- تطبيق القانون الثاني لنيوتن:

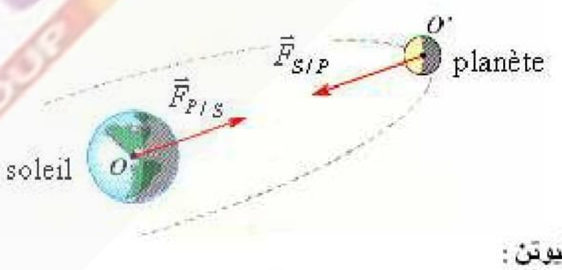
نعتبر كوكبا كتلته m_P في حركة دورانية حول الشمس ذات الكتلة ، m_S .

نعتبر كوكبا كتلته m_P في حركة دورانية حول الشمس ذات الكتلة ، m_S .

- المجموعة المدروسة{الكوكب }

جرد القوى :يخضع الكوكب خلال حركته لقوة التجاذب الكوني المطبقة عليه من طرف الشمس.

$\vec{F}_{S/P} = -G\frac{m_S.m_P}{r^2}\vec{u}_{SP}$ ‏ ‏ ‏ r : شعاع مدار الكوكب.



- العلاقة المعبرة عن القانون الثاني لنيوتن :

$$\vec{F}_{S/P} = m_P.\vec{a}_G \quad (1)$$

أي : $\vec{F}_{S/P} = m_P.\vec{a}_G$

$$-G\frac{m_S.m_P}{r^2}.\vec{u}_{SP} = m_P.\vec{a}_G$$

$$\vec{a}_G = -G\frac{m_S}{r^2}.\vec{u}_{SP}$$

ومنه يتضح أن متجهة التسارع $\vec{a}_G$ مركزية منظمية لها نفس منحى قوة التجاذب $\vec{F}_{S/P}$ إذن $a_t = \frac{dv}{d_t} = 0$

ومنه فإن السرعة : $v = C^{te}$.

بالإسقاط على المنظمي العلاقة (1) تصبح :

$$F_{S/P} = ma_n$$

أي : $G\frac{m_S.m_P}{r^2} = m_P.\frac{v^2}{r} \Leftarrow v = \sqrt{G\frac{m_S}{r}}$ مع : m_S : كتلة الشمس .

سرعة الكوكب ثابتة وشعاع مداره ثابت وبالتالي حركته دائرية منتظمة.

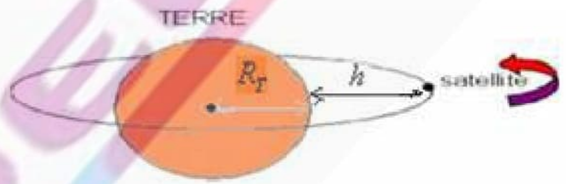
ب_ تعبير الدور المداري :

حركة الكوكب دائرية منتظمة دورها : $T = \frac{2\pi}{\omega}$ مع : $\omega = \frac{v}{r}$ إذن: $T = \frac{2\pi}{v}.r$

أي: $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.m_S}}$

ملحوظة1 : لدينا : $T^2 = 4\pi^2\frac{r^3}{G.m_S}$ أي : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.m_S}$ تمثل هذه العلاقة القانون الثالث لكيبلير.

ملحوظة 2: الساتل أو القمر الاصطناعي هو جسم في حركة مدارية حول كوكب الأرض.



Le Satellite : الساتل

إذا كان الساتل يوجد في الإرتفاع h من سطح الأرض تطبق عليه الأرض قوة تجاذب كوني شدتها : $F_{T/S} = G\frac{M_T.m_S}{(R_T+h)^2}$

و بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\Sigma\vec{F} = m_S.\vec{a}_G$ أي: $\vec{F}_{T/S} = m_s\vec{a}_G$ بالإسقاط على المنظمي : $\Rightarrow F_{T/S} = m_s a_n$

أي : $G.\frac{M_T.m_S}{(R_T+h)^2} = m_S.\frac{v^2}{(R_T+h)^2}$ ومنه سرعته : $v = \sqrt{G\frac{M_T}{(R_T+h)}}$

والدور المداري للساتل : $T = \frac{2\pi}{\omega}$ مع : $\omega = \frac{v}{r}$ ومنه : $T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T+h)^3}{G.M_T}}$

ملحوظة : يكون الساتل ساكنا بالنسبة للأرض إذا كان دوره المداري يساوي دور حركة دوران الأرض حول نفسها $T = 24h$
ويتحقق ذلك إذا كان الارتفاع : $h = 3600km$.

ملحوظة: حركة دقيقة في مجال كهرساكن منتظم خاص بالعلوم الرياضية